

CLIPPEDIMAGE= JP406141512A
PAT-NO: JP406141512A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06141512 A
TITLE: MAGNETIC LEVITATION MOTOR

PUBN-DATE: May 20, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OISHI, TETSUO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SHINKO ELECTRIC CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP04284771

APPL-DATE: October 22, 1992

INT-CL (IPC): H02K007/09

US-CL-CURRENT: 310/103

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a sufficient levitation force due to the mutual magnetic action between magnetic fields of the second coil and a plurality of magnetic poles of the rotor to keep a shaft center of a rotor at a fixed place by causing current to flow in a first winding to rotate the rotor and by causing current to flow in a secondary winding to generate the magnetic field.

CONSTITUTION: In an inner face of a stator 1, slots 2 are formed at twelve equal parts of the circumference. In each slot, for example, four separate windings 3 are housed. A rotor 6 is constituted of a cylindrical iron core 8 installed on a shaft 7 and four permanent magnets 9 located on an outer face of the iron core. This structure is all the same as that of the conventional synchronous motor, etc., except for a winding state. When the windings 3 of

the stator 1 are excited in sequence and a 6-pole rotary magnetic field is generated along the inner face of the stator 1, the continuous one-directional displacement force is applied to the rotor 6. At that time, by setting the displacement force that works on the rotor 6 upwards all the time, the rotor 6 can be levitated.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-141512

(43)公開日 平成6年(1994)5月20日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 2 K 7/09

識別記号

庁内整理番号

7315-5H

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-284771

(22)出願日 平成4年(1992)10月22日

(71)出願人 000002059

神鋼電機株式会社

東京都中央区日本橋3丁目12番2号

(72)発明者 大石 哲男

三重県伊勢市竹ヶ鼻町100番地 神鋼電機

株式会社伊勢製作所内

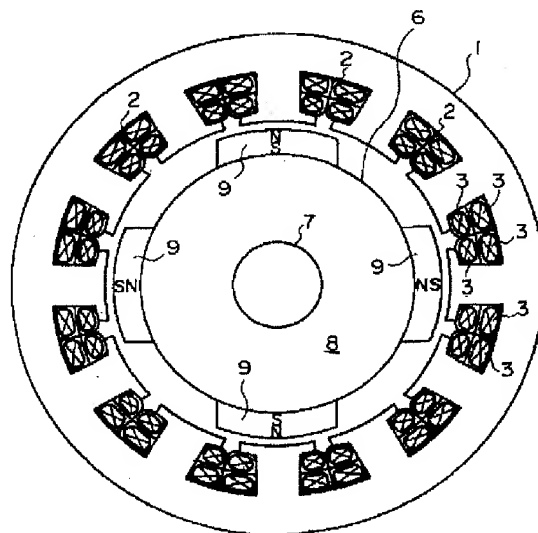
(74)代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

(54)【発明の名称】 磁気浮上モータ

(57)【要約】

【目的】構造が小型であって、しかも充分な浮上力を得る。

【構成】固定子1の巻線3, 3, ...を順次励磁して、固定子1の内周面に沿って6極回転磁界を発生させると、回転子6に連続した一定方向の変位力が与えられる。このとき、回転子6に働く変位力を常に上方向へ設定することにより、回転子6は連続した浮上力を得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内周面に複数のスロットが形成された固定子と、
前記固定子内に配置され、前記固定子の内周面と対向する複数の磁極を外周面に有する回転子と、
前記スロット内に挿通されて配線され、通電により前記回転子を回転駆動する磁界を発生する第1の巻線と、
前記スロット内に挿通されて配線され、通電により前記回転子の軸心を一定位置に定位させる磁界を発生する第2の巻線とを具備することを特徴とする磁気浮上モータ。

【請求項2】 前記第1および第2の巻線が各々複数の独立した単極巻線であり、
前記固定子が有する磁極数が N (N は整数)であり、 $N \pm 2$ 極の回転磁界を発生せしめる電流が前記第2の巻線に通電されることを特徴とする請求項1記載の磁気浮上モータ。

【請求項3】 前記第1の巻線が重ね巻線であり、前記第2の巻線が複数の独立した単極巻線であり、
前記固定子が有する磁極数が N (N は整数)であり、 $N \pm 2$ 極の回転磁界を発生せしめる電流が前記第2の巻線に通電されることを特徴とする請求項1記載の磁気浮上モータ。

【請求項4】 前記固定子が有する磁極数が N (N は整数)であり、
前記第1の巻線には K 相 (K は整数)の交流電流が通電されるものであり、
前記第2の巻線には M 相 (M は整数)の交流電流が通電されるものであり、
前記固定子には $N \times K$ と $(N \pm 2) \times M$ との公倍数相当のスロットが形成されてなる請求項1記載の磁気浮上モータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は宇宙関連機器や高速回転機器等に用いられる磁気浮上モータに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、宇宙関連機器や高速回転機などにおいて、非接触で回転体を保持する磁気軸受が使用されている。しかし、高速モータ等に磁気軸受を適用して磁気浮上モータを構成した場合、モータが発生する径方向の吸引力も磁気軸受で支持しなければならないため、磁気軸受が大型になり、コスト高になる問題があった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】この発明は上述した事情に鑑みてなされたもので、その目的は、構造が小型であってしかも充分な浮上力を得ることができる磁気浮上モータを提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】上述した問題を解決する

ために、請求項1記載の発明は、内周面に複数のスロットが形成された固定子と、前記固定子内に配置され、前記固定子の内周面と対向する複数の磁極を外周面に有する回転子と、前記スロット内に挿通されて配線され、通電により前記回転子を回転駆動する磁界を発生する第1の巻線と、前記スロット内に挿通されて配線され、通電により前記回転子の軸心を一定位置に定位させる磁界を発生する第2の巻線とを具備することを特徴とする。

【0005】また、請求項2記載の発明は、前記第1および第2の巻線が各々複数の独立した単極巻線であり、前記固定子が有する磁極数が N (N は整数)であり、 $N \pm 2$ 極の回転磁界を発生せしめる電流が前記第2の巻線に通電されることを特徴とする。

【0006】また、請求項3記載の発明は、前記第1の巻線が重ね巻線であり、前記第2の巻線が複数の独立した単極巻線であり、前記固定子が有する磁極数が N (N は整数)であり、 $N \pm 2$ 極の回転磁界を発生せしめる電流が前記第2の巻線に通電されることを特徴とする。

【0007】また、請求項4記載の発明は、前記固定子が有する磁極数が N (N は整数)であり、前記第1の巻線には K 相 (K は整数)の交流電流が通電されるものであり、前記第2の巻線には M 相 (M は整数)の交流電流が通電されるものであり、前記固定子には $N \times K$ と $(N \pm 2) \times M$ との公倍数相当のスロットが形成されてなることを特徴とする。

【0008】

【作用】この発明によれば、第1の巻線に電流を流し、回転子を回転させる。また、第2の巻線に電流を流し、回転子の軸心を一定位置に定位させる磁界を発生させ、この磁界と回転子の複数の磁極との相互の磁気作用によって浮上力を得る。

【0009】

【実施例】次に図面を参照してこの発明の実施例について説明する。図1はこの発明の第1の実施例の構成を示す図である。この図において、1は電磁鋼板などを積層した固定子であり、固定子1の内周面には円周等分12箇所にスロット2、2、・・・が形成されている。3、3、・・・は単巻による巻線であり、前記スロット2、2、・・・内に収納されている。この場合、図に示すように、各スロット2内には独立した4個の巻線が収納されている。図2は各巻線3の巻回状態を示す図であり、この図において、上段の数字はスロット番号、中段の記号a, b, ..., 1 および下段の記号m, n, ..., xは巻線を示している。このとき、同一記号は同一巻線であることを示し、負号「-」は巻終わりを示している。

【0010】6は回転子であり、前記固定子1の内方に配置されている。回転子6は、シャフト7に取り付けられた円筒状の鉄心8と、該鉄心8の外周面に図示する極性で各々取り付けられた4個の永久磁石9、9、9、9とから構成されている。上記永久磁石9は固定子1の内

周面と空隙を隔てて対向する4極分の磁極を形成している。なお、上述した構成は、巻線3の巻回状態を除き、従来の同期モータやサーボモータと同一構成である。

【0011】このような構成において、固定子1の巻線 m, n, \dots, x を順次励磁して、固定子1の内周面に沿って6極回転磁界を発生させると、回転子6に連続した一定方向の変位力が与えられる。このとき、回転子6に働く変位力を常に上方向へ設定することにより、回転子6を連続して浮上させることができる。以下、この浮上原理について説明する。

【0012】図3において、円の外側には固定子1の内周面に沿って発生する回転磁界の各磁極の位置が示され、円の内側には回転子6に設けられた永久磁石9、 \dots の各磁極の位置が示される。上述した回転磁界の各磁極と永久磁石9、 \dots の各磁極とが図示するように矢印の方向へ回転する。

【0013】この場合、回転する永久磁石9、 \dots 、すなわち界磁磁界による磁束密度 B_r を、

$$B = B_r + B_s \\ = B_m \cdot \cos(\omega t + 2\theta) + B_f \cdot \cos(\omega t + 3\theta) \quad \text{----- (3)}$$

となる。そして、対抗する各磁極の断面積 S の間に磁束密度 B が存在する場合に、双方の磁極の端面に働く吸引力は磁束の方向と同一であり、その大きさは、

【数4】

$$F = \frac{B^2}{2\mu_0} S \quad \text{----- (4)}$$

となる（但し、 μ_0 は透磁率）。今、磁束密度が均一でなく、その方向も中心方向を向いているので、空隙に働く吸引力は角度 θ の関数になり、その方向は中心方向になる。従って、断面積として微小断面積 ΔS をとり、吸引力の方向を各 θ 方向とすると、各 θ 方向に、

$$F = \int_0^{2\pi} F(\theta) \cos \theta d\theta \\ = \frac{1}{2\mu_0} \int_0^{2\pi} \{B_m \cos(\omega t + 2\theta) + B_f \cos(\omega t + 3\theta)\}^2 \cos \theta d\theta \\ = \frac{1}{2\mu_0} \left\{ B_m^2 \int_0^{2\pi} \cos^2(\omega t + 2\theta) \cos \theta d\theta \right. \\ \left. + B_m \cdot B_f \int_0^{2\pi} \cos(\omega t + 2\theta) \cos(\omega t + 3\theta) \cos \theta d\theta \right. \\ \left. + B_f^2 \int_0^{2\pi} \cos^2(\omega t + 3\theta) \cos \theta d\theta \right\} \\ = \frac{B_m \cdot B_f}{2\mu_0} \pi = \text{一定} \quad \text{----- (6)}$$

となる。（6）式から、 ωt に無関係に一定の浮上力 F が得られることがわかる。当然のことながら、回転磁界の強さ B_f を変えることによって、この浮上力 F の大き

*【数1】

$$B_r = B_m \cdot \cos(\omega t + 2\theta) \quad \text{----- (1)}$$

とすると（但し、 ω は角速度、 t は時間、 θ は機械角）、固定子1の内周に沿って発生する回転磁界による磁束密度 B_s は、

【数2】

$$B_s = B_f \cdot \cos(\omega t + 3\theta) \quad \text{----- (2)}$$

となる。

【0014】図3に示すように、 $\omega t = 0$ の状態ではS極とN極の磁気吸引力と、N極とN極およびS極とS極の磁気反発力により回転子6を上方向へ浮上させる力が働く。また、 ωt が $\pi/2, \pi, 3\pi/2$ と変化しても上述した磁気吸引力と磁気反発力との合成力は常に上方向に働き、連続した浮上力を得ることができる。この場合、固定子1と回転子6との間の空隙の磁束密度 B は、界磁磁界による磁束密度 B_r と、回転磁界による磁束密度 B_s とを重畳したものと見なせるので、

*【数3】

※【数5】

$$F(\theta) = \frac{B^2}{2\mu_0} \Delta S \quad \text{----- (5)}$$

の磁気吸引力が働く。

【0015】そこで、上下方向（ $\theta = 0$ ）の分力をとって全周の和をとれば浮上力 F が求められる。すなわち、回転子6に対して働く吸引力は、放射状に固定子1へ向かう各 θ 方向の吸引力であり、回転子全体を上方向（ $\theta = 0$ 方向）に浮上させる成分の力は、各 θ 方向成分の総和をとれば求められる。従って、

【数6】

★さが自由に設定される。

【0016】次に、上述した回転子6に働く変位力の方
★50 向を任意に設定する原理について説明する。まず、回転

5

磁界に位相差 ϕ を与え、前記(2)式を、

【数7】

$$B_s = B_f \cdot \cos(\omega t + 3\theta + \phi) \quad \text{----- (7)}$$

とする。この式の位相差 ϕ を $0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$ と変化させると、変位力の方向が図4の矢印で示すように変化する。このように、位相差 ϕ を変化させることによって回転子5に働く変位力の方向が任意に設定される。

【0017】上述したように、回転磁界の磁束密度 B_f とその位相差 ϕ によって、変位力の大きさと方向とを任意に制御することができる。したがって、固定子1に対する回転子6の上下方向(Y軸方向)および左右方向(X軸方向)の相対的な変位を各々検出し、検出された該変位に基づいて磁束密度 B_f と位相差 ϕ とを制御すれば、回転子6を連続的に磁気浮上させることができる。

【0018】図5はこの発明の一実施例のシステム構成を示すブロック図である。なお、図5において、図1に示す各部に対応する部分については同一の符号を付して説明を省略する。10、11は変位センサであり、シャフト7の外周面と空隙を隔てて対抗する位置に固定されている。これらの変位センサ10、11は、シャフト7の、したがって、回転子6のX軸方向およびY軸方向の変位を各々検出する。12は、上記変位センサ10、11の出力信号をアナログからデジタルに変換するA/D変換器である。13は、上記A/D変換器12の出力信号が供給されるマイクロコンピュータであり、詳細は後述する。14は、上記マイクロコンピュータ13から出力された制御信号をデジタルからアナログに変換するD/A変換器である。15は上記D/A変換器14の出力信号を増幅し、巻線3、3、...に電流を供給するパワ

ーアンプである。

【0019】このような構成において、マイクロコンピュータ13は、常時、モータトルクを発生させるトルク電流および回転子6を浮上させる浮上電流を演算し、その結果をD/A変換器14へ出力する。D/A変換器14はマイクロコンピュータ13の出力をアナログ信号に変換し、パワーアンプ15へ出力する。パワーアンプ15は、D/A変換器14の出力を増幅し、固定子1の各巻線a~1およびm~x(図2)へ出力する。

【0020】以下、更に詳述する。まず、このモータを同期モータとして回転させる場合は、巻線a~1に4極の回転磁界を発生させるトルク電流を流す。なお、各巻線a~1に流す電流値および位相は各巻線の位置から簡単に決定することができる。

【0021】また、このモータをサーボモータとして回転させる場合は、シャフト7に回転子6の角度位置を検出するエンコーダを設け、このエンコーダの出力から回転子6の角度位置を検出し、検出した角度位置に応じたトルク電流を決定する。

【0022】次に、巻線m~xへは、前述した6極回転

6

磁界を発生させる電流を浮上電流として流す。ここで、回転子6の角度位置は、同期モータの場合、固定子1が形成する4極回転磁界と同期した位置にあり、また、サーボモータの場合、エンコーダの出力から検出することができる。また、回転子6の、中心位置からの変位方向および変位量は変位センサ10、11の出力から検出することができる。そこで、マイクロコンピュータ13は、常時、回転子6の角度位置および中心からの変位を検出し、この検出結果から前述した原理に従って6極回転磁界の大きさ、および位相を決定し、そして、各巻線m~xへ流す電流を算出する。

【0023】図6は第2の実施例の構成を示す図である。この図において、図1の各部と対応する部分には同一の符号を付して説明を省略する。20、20、...は巻線であり、図示するように、各スロット2内に独立した3個の巻線が収納されている点が前述した巻線3とは異なる。図7は各巻線20の巻回状態を示す図であり、この図において、上段の数字はスロット番号、中段の記号U、W、Vは重ね巻による巻線、下段の記号a~1は単巻による巻線を示しており、巻線U、W、Vは通常の3相巻線である。このとき、同一記号は同一巻線であることを示し、負号「-」は巻線終りを示している。

【0024】次に、上記実施例の動作を説明する。まず、このモータを同期モータとして回転させる場合は、巻線U、V、Wに4極の回転磁界を発生させる三相交流電流を流す。

【0025】一方、巻線a~1に供給される電流は図5に示すシステム構成によって行われる。この図において、巻線3の代わりに巻線20がパワーアンプ15に接続されることが第1の実施例の場合と異なり、この場合、図7に示す巻線a~1がパワーアンプ15に接続されている。

【0026】上述した構成において、マイクロコンピュータ13は、常時、A/D変換器12の出力に基づいてシャフト7の中心位置からの変位方向および変位量を検出する。また、上述した三相交流電流の位相から回転子6の角度位置を検出する。なお、同期モータの場合、4極回転磁界と回転子の位置は同期している。

【0027】そして、マイクロコンピュータ13は、回転子6を浮上させる6極回転磁界の磁束密度 B_f および位相差 ϕ を前述した式から算出し、その算出結果および上述した回転子6の角度位置に基づいて各巻線a~1へ流すべき電流を検出し、電流指令をD/A変換器14へ出力する。D/A変換器14はその電流指令をアナログ信号に変換し、パワーアンプ15へ出力する。パワーアンプ15は、供給された信号を増幅し、各巻線a~1を駆動する。

【0028】なお、モータをサーボモータとして回転させる場合は、エンコーダをシャフト7に取り付け、この

エンコーダの出力に基づいて回転子6の角度位置を検出し、この検出結果からトルク電流を決定することができる。

【0029】図8は第3の実施例の構成を示す図である。この図において、図6の各部と対応する部分には同一の符号を付して説明を省略する。30は固定子であり、この内周面にスロット2, 2, ... が円周等分36箇所形成されている点が前述した固定子1とは異なり、また、31, 31, ... は巻線であり、図示するように、各スロット2内に独立した2個の巻線が収納されている点が前述した巻線20とは異なっている。図9は各巻線31の巻回状態を示す図であり、この図において、上段の数字はスロット番号、中段の記号U, W, Vはスロット2の上口に収納された巻線、下段の記号U, W, Vはスロット2の下口に収納された巻線を示している。このとき、同一記号は同一巻線であることを示し、負号「-」は巻線終りを示している。

【0030】上述した構成において、回転子6のシャフト7を臨んで、左右方向(X方向)および上下方向(Y方向)のシャフト7の変位を検出する2個の変位センサを設け、回転子6の回転軸中心からの変位量および変位方向を検出する。そして、この回転子6の変位を打ち消すべく6極回転磁界の大きさと位相を決定する。また、回転子6の回転位置は同期モータの場合は4極回転磁界に同期しており、また、サーボモータの場合はエンコーダの出力から検出できる。したがって、上述した回転子6の変位及び回転子6の回転位置から図8のスロット2の下口の巻線に印加すべき電流の大きさおよび位相が決定される。そして、この決定された電流をインバータ等によって発生し、各巻線に印加することにより、回転子6を磁気浮上させることができる。

【0031】なお、本発明の第1の実施例ではモータを回転させるための4極の回転磁界と回転子6を浮上させるための6極の回転磁界を示したが、モータを回転させるための回転磁界を4極、回転子6を浮上させるための回転磁界を2極にしても良い。また、浮上力を発生させる回転磁界の極数が $N \pm 2$ である条件を満たしていれば、回転子5の極数を4以外の極数にしても良い。

【0032】なお、本発明の第2の実施例では回転子6を浮上させるための6極の回転磁界を示したが、回転子6を浮上させるための回転磁界を2極にしても良く、浮上力を発生させる回転磁界の極数が $N \pm 2$ である条件を満たしていれば良い。

【0033】なお、本発明の第3の実施例ではモータを回転させるための4極の回転磁界と回転子6を浮上させるための6極の回転磁界を示したが、モータを回転させるための回転磁界を4極、回転子6を浮上させるための回転磁界を2極にしても良い。また、本発明を実施するために必要なスロット数は、三相4極回転磁界を発生させるために必要なスロット数12と三相6極回転磁界を

発生させるために必要なスロット数18との最小公倍数となる。よって、スロット数を本発明の第3の実施例で示した36以外に、72, 108, ... 等、36の倍数にしても良い。また、回転子4を浮上させるための回転磁界を2極にした場合、三相6極回転磁界を発生させるために必要なスロット数は6となる。よって、スロット数を6と12の最小公倍数の倍数12, 24, 36, ... 等にしても良い。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、内周面に複数のスロットが形成された固定子と、前記固定子内に配置され、前記固定子の内周面と対向する複数の磁極を外周面に有する回転子と、前記スロット内に挿通されて配線され、通電により前記回転子を回転駆動する磁界を発生する第1の巻線と、前記スロット内に挿通されて配線され、通電により前記回転子の軸心を一定位置に定位させる磁界を発生する第2の巻線とを具備するので、従来の同期モータとほぼ同様の構成で磁気浮上モータを構成することができる。従って、従来の磁気軸受けを用いたモータと比較し、簡単かつ安価に磁気浮上モータを構成できる効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の構成を示す正面図である。

【図2】巻線3, 3, ... の巻回状態を示す図である。

【図3】 $\omega t = 0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$ の場合の固定子1と回転子5との各磁極の位置関係を示す図である。

【図4】 $\phi = 0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$ の場合の回転子5に働く変位力を示す図である。

【図5】本発明の一実施例のシステム構成を示すブロック図である。

【図6】本発明の第2の実施例の構成を示す正面図である。

【図7】巻線20, 20, ... の巻回状態を示す図である。

【図8】本発明の第3の実施例の構成を示す正面図である。

【図9】巻線31, 31, ... の巻回状態を示す図である。

【符号の説明】

- 1, 30 固定子
- 2 スロット
- 3, 20, 31 巻線
- 6 回転子
- 7 シャフト
- 8 鉄心
- 9 永久磁石
- 10, 11 変位センサ
- 12 A/D変換器

(6)

特開平6-141512

9

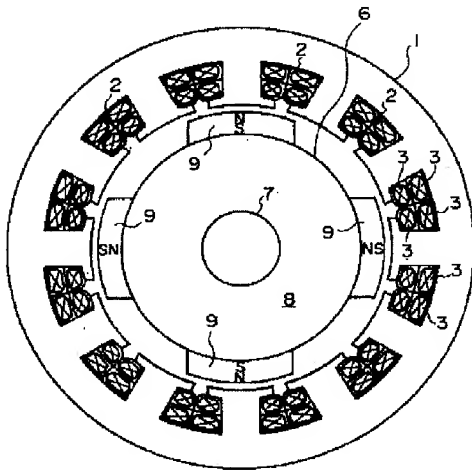
10

13 マイクロコンピュータ

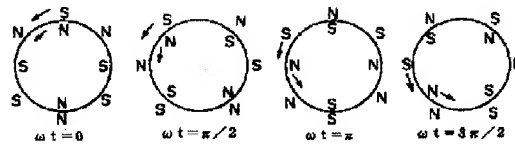
15 パワーアンプ

14 D/A変換器

【図1】



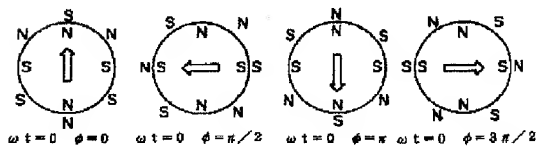
【図3】



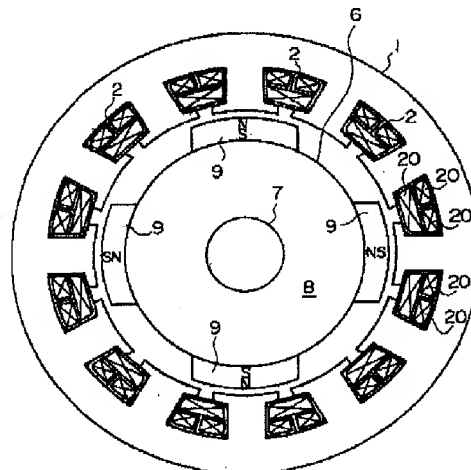
【図2】

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|----|----|
| a | -b | b | -c | c | -d | d | -e | e | -f | f | -g |
| g | -h | h | -i | i | -j | j | -k | k | -l | l | -a |
| m | -n | n | -o | o | -p | p | -q | q | -r | r | -s |
| s | -t | t | -u | u | -v | v | -w | w | -x | x | -m |

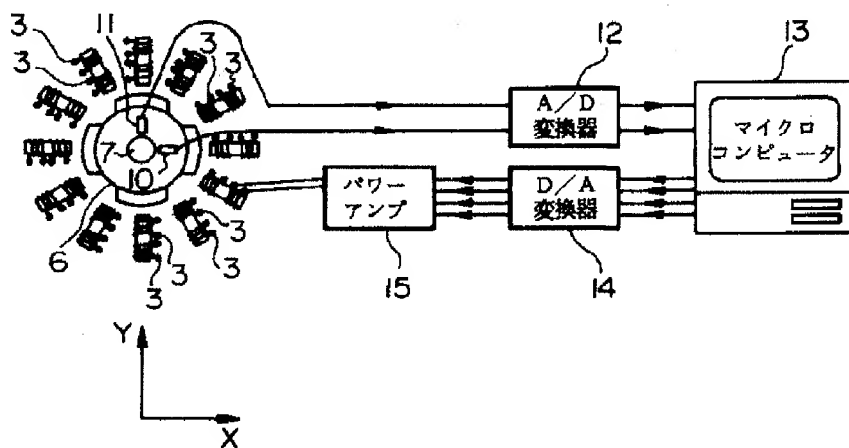
【図4】



【図6】



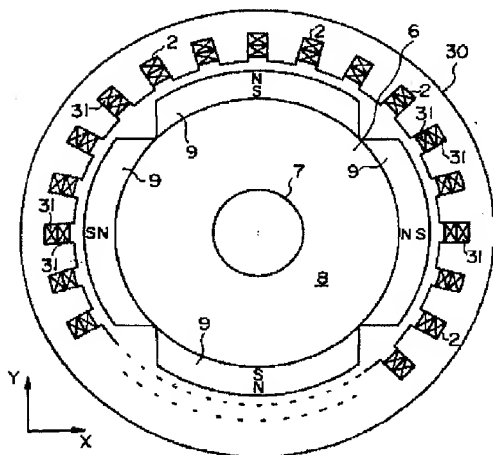
【図5】



【図7】

| | | | | | | | | | | | |
|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| U | -W | V | -U | W | -V | U | -W | V | -U | W | -V |
| a | -b | b | -c | c | -d | d | -e | e | -f | f | -g |
| g | -h | h | -i | i | -j | j | -k | k | -l | l | -a |

【図8】



(8)

特開平6-141512

【図9】

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| U | U | U | -W | -W | -W | V | V | V | -U | -U | -U | W | W | W | -V | -V | -V | U | U |
| U | U | -W | -W | V | V | -U | -U | W | W | -V | -V | U | U | -W | -W | V | V | -U | -U |

| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| U | -W | -W | -W | V | V | V | -U | -U | -U | W | W | W | -V | -V | -V |
| W | W | -V | -V | U | U | -W | -W | V | V | -U | -U | W | W | -V | -V |

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic-levitation motor used for a space related equipment, a high speed rotating equipment, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, in the space related equipment, the high-speed rotating machine, etc., the magnetic bearing which holds body of revolution by non-contact is used. However, when a magnetic-levitation motor is constituted with the application of a magnetic bearing on a high-speed motor etc., in order also to have to support the suction force of the orientation of a path which a motor generates by the magnetic bearing, there was a problem from which a magnetic bearing becomes large-sized and becomes cost quantity.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention was made in view of the situation mentioned above, and the purpose has structure in offering the magnetic-levitation motor which can acquire surfacing force small and sufficient moreover.

[0004]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the problem mentioned above, invention according to claim 1 The stator by which two or more slots were formed in inner skin, and the rotator which has two or more magnetic poles which are arranged in the aforementioned stator and counter with the inner skin of the aforementioned stator in a periphery side, It is characterized by providing the 1st coil which generates the magnetic field which is inserted in in the aforementioned slot, and it wires and carries out the rotation drive of the aforementioned rotator by energization, and the 2nd coil which generates the magnetic field which it is inserted [magnetic field] in in the aforementioned slot, wires [magnetic field] and makes a fixed position orientate the axial center of the aforementioned rotator by energization.

[0005] Moreover, the above 1st and the 2nd coil are unipolar coils with which the plurality became independent respectively, the number of magnetic poles which the aforementioned stator has is N (N is an integer), and invention according to claim 2 is characterized by the current which makes the rotating magnetic field of $N \times 2$ pole generate being energized by the 2nd aforementioned coil.

[0006] Moreover, the 1st aforementioned coil repeats invention according to claim 3, and the 2nd aforementioned coil is a unipolar coil with which the plurality became independent, and it is a coil and is characterized [the number of magnetic poles which the aforementioned stator has is N (N is an integer), and] by the current which makes the rotating magnetic field of $N \times 2$ pole generate being energized by the 2nd aforementioned coil.

[0007] Moreover, the number of magnetic poles in which the aforementioned stator has invention according to claim 4 is N (N is an integer). The alternating current of K phase (K is an integer) is energized by the 1st aforementioned coil, the alternating current of M phase (M is an integer) is energized by the 2nd aforementioned coil, and it is characterized by coming to form the slot of a common multiple of $N \times K$ and $x(N \times 2)$ M in the aforementioned stator.

[0008]

[Function] According to this invention, a current is passed to the 1st coil and a rotator is rotated. Moreover, a current is passed to the 2nd coil, the magnetic field which makes a fixed position orientate the axial center of a rotator is generated, and the surfacing force is acquired by the mutual magnetic action of this magnetic field and two or more magnetic poles of a rotator.

[0009]

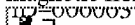
[Example] Next, the example of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 1 is drawing showing the configuration of the 1st example of this invention. In this drawing, 1 is the stator which carried out the laminating of the magnetic steel sheet etc., and slots 2 and 2 and ... are formed in 12 periphery division into equal parts at the inner skin of a stator 1. the coil according [3, 3, and ...] to a single volume -- it is -- the aforementioned slots 2 and 2 and ... it is contained inside In this case, as shown in drawing, four independent coils are contained in each slot 2. Drawing 2 being drawing showing the winding status of each coil 3, and setting it to this drawing, the number of an upper case is the slot number and the notations a, b, ..., l of a sublevel. And the notations m, n, ..., x of the lower berth show the coil. At this time, it is shown that the same notation is the same coil and the negative sign "-" shows the end of a volume.

[0010] 6 is a rotator and is arranged in the inner direction of the aforementioned stator 1. The rotator 6 consists of an iron core 8 of the shape of a cylinder attached in the shaft 7, and four permanent magnets 9, 9, 9, and 9 respectively attached by the polarity illustrated to the periphery side of this iron core 8. The above-mentioned permanent magnet 9 forms the magnetic pole for four poles which separate the inner skin and the opening of a stator 1 and counter. In addition, the configuration mentioned above is the same configuration as the conventional synchronous motor or a servo motor except for the winding status of a coil 3.

[0011] In such a configuration, if the coils m, n, ..., x of a stator 1 are excited one by one and 6 pole rotating magnetic field are generated along with the inner skin of a stator 1, the displacement force of the fixed orientation which followed the rotator 6 will be given. At this time, a rotator 6 can be continuously surfaced by always setting up upward the displacement force committed to a rotator 6. Hereafter, this surfacing principle is explained.

[0012] In drawing 3, the position of each magnetic pole of the rotating magnetic field generated along with the inner skin of a stator 1 in the outside of a circle is shown, and the position of each magnetic pole of a permanent magnet 9 and ... established in the rotator 6 is shown inside a circle. It rotates in the orientation of the arrow head so that each magnetic pole of the rotating magnetic field mentioned above and each magnetic pole of a permanent magnet 9 and ... may illustrate.

[0013] In this case, it is [Equation 1] about the flux density B_r by the rotating permanent magnet 9 and ..., i.e., a field magnetic field.



When it carries out (however, omega angular velocity and t time and theta machine angle), the flux density B_s by the rotating magnetic field generated along with the inner circumference of a stator 1 is [Equation 2].

$$B_s = B_f \cdot \cos(\omega t + 3\theta) \quad \text{----- (2)}$$

It becomes.

[0014] As shown in drawing 3, in the status of $\omega t = 0$, the force of surfacing a rotator 6 upward according to the magnetic-attraction force of the south pole and N pole and the magnetic-repulsion force of N pole, N pole and the south pole, and the south pole works. Moreover, it can always work upward and the synthetic force of the magnetic-attraction force and magnetic-repulsion force which were mentioned above even if ωt changed with $\pi / 3$ [2π and $\pi/2$] can acquire the continuous surfacing force. In this case, since it can be regarded as what superimposed the flux density B_r by the field magnetic field, and the flux density B_s by the rotating magnetic field, flux density B of the opening between a stator 1 and the rotator 6 is [Equation 3].

$$B = B_r + B_s \\ = B_m \cdot \cos(\omega t + 2\theta) + B_f \cdot \cos(\omega t + 3\theta) \quad \text{----- (3)}$$

It becomes. And the suction force committed to the end face of both magnetic pole when flux density B exists between cross-section S of each magnetic pole which opposes is the same as that of the orientation of magnetic flux, and the size is [Equation 4].

$$F = \frac{B^2}{2\mu_0} S \quad \text{----- (4)}$$

It becomes (however, μ_0 permeability). Now, flux density is not uniform, since the orientation has also turned to the orientation of a center, the suction force committed to an opening becomes the function of angle θ , and the orientation becomes in the orientation of a center. Therefore, when minute cross-section ΔS is taken and the orientation of a suction force is made into the orientation of θ as cross section, it is [Equation 5] to the orientation of θ .

$$F(\theta) = \frac{B^2}{2\mu_0} \Delta S \quad \text{----- (5)}$$

A ***** suction force works.

[0015] Then, if the component of a force of the vertical orientation ($\theta = 0$) is taken and the sum of a perimeter is taken, surfacing force F will be calculated. That is, the suction force committed to a rotator 6 is a suction force of the orientation of θ which goes to a stator 1 to a radial, and the force of a component of surfacing the whole rotator upward ($\theta = 0$ orientation) will be searched for if total of the orientation component of θ is taken. Therefore, [Equation 6]

$$\begin{aligned}
 F &= \int_0^{2\pi} F(\theta) \cos\theta \, d\theta \\
 &= \frac{1}{2\mu_0} \int_0^{2\pi} \{B_m \cos(\omega t + 2\theta) + B_f \cos(\omega t + 3\theta)\}^2 \cos\theta \, d\theta \\
 &= \frac{1}{2\mu_0} \left\{ B_m^2 \int_0^{2\pi} \cos^2(\omega t + 2\theta) \cos\theta \, d\theta \right. \\
 &\quad + B_m \cdot B_f \int_0^{2\pi} \cos(\omega t + 2\theta) \cos(\omega t + 3\theta) \cos\theta \, d\theta \\
 &\quad \left. + B_f^2 \int_0^{2\pi} \cos^2(\omega t + 3\theta) \cos\theta \, d\theta \right\} \\
 &= \frac{B_m \cdot B_f}{2\mu_0} \pi = \text{一定} \quad \text{----- (6)}
 \end{aligned}$$

It becomes. (6) A formula shows that fixed surfacing force F is obtained regardless of omega. The size of this surfacing force F is freely set up by changing the strength Bf of the rotating magnetic field with a natural thing.

[0016] Next, the principle which sets up arbitrarily the orientation of the displacement force committed to the rotator 6 mentioned above is explained. First, phase contrast phi is given to the rotating magnetic field, and it is [Equation 7] about the aforementioned (2) formula.

$$B_s = B_f \cdot \cos(\omega t + 3\theta + \phi) \quad \text{----- (7)}$$

It carries out. If phase contrast phi of this formula is changed with 0, and pi / 3pi [2pi and]/2, it will change, as the orientation of the displacement force shows by the arrow head of drawing 4. Thus, the orientation of the displacement force committed to a rotator 5 is arbitrarily set up by changing phase contrast phi.

[0017] As mentioned above, the size and orientation of the displacement force are arbitrarily controllable by the flux density Bf and phase contrast phi of the rotating magnetic field. therefore, the relative variation rate of the vertical orientation (Y shaft orientations) of a rotator 6 and the longitudinal direction (X shaft orientations) to a stator 1 is detected respectively, and it was detected -- this -- if flux density Bf and phase contrast phi are controlled based on a variation rate, the magnetic levitation of the rotator 6 can be carried out continuously

[0018] Drawing 5 is a block diagram showing the system configuration of one example of this invention. In addition, in drawing 5, the sign same about the fraction corresponding to each part shown in drawing 1 is attached, and an explanation is omitted. 10 and 11 are displacement sensors and are being fixed to the position which separates the periphery side and opening of a shaft 7 and opposes. These displacement sensors 10 and 11 detect respectively the variation rate of the shaft 7 therefore X shaft orientations of a rotator 6, and Y shaft orientations. 12 is an A/D converter which changes the output signal of the above-mentioned displacement sensors 10 and 11 into digital one from an analog. 13 is a microcomputer with which the output signal of above-mentioned A/D converter 12 is supplied, and is mentioned later for details. 14 is a D/A converter which changes into an analog the control signal outputted from the above-mentioned microcomputer 13 from digital one. 15 amplifies the output signal of above-mentioned D/A converter 14, and is coils 3 and 3 and a power amplification which supplies a current to ...

[0019] In such a configuration, always, a microcomputer 13 calculates the surfacing current which surfaces the torque current and the rotator 6 which generate motor torque, and outputs the result to D/A converter 14. D/A converter 14 changes the output of a microcomputer 13 into an analog signal, and outputs it to a power amplification 15. A power amplification 15 amplifies the output of D/A converter 14, and outputs it to each coils a-1 of a stator 1, and m-x (drawing 2).

[0020] Hereafter, it explains in full detail further. First, when rotating this motor as a synchronous motor, the torque current which makes coils a-1 generate the rotating magnetic field of four poles is passed. In addition, the current value and phase which are passed to each coils a-1 can be easily determined from the position of each coil.

[0021] Moreover, when rotating this motor as a servo motor, the encoder which detects the angular position of a rotator 6 at a shaft 7 is formed, and the torque current according to the angular position which detected and detected the angular position of a rotator 6 is determined from the output of this encoder.

[0022] Next, to coils m-x, the current which generates 6 pole rotating magnetic field mentioned above is passed as a surfacing current. Here, in the case of a synchronous motor, the angular position of a rotator 6 is in the position which synchronized with 4 pole rotating magnetic field which a stator 1 forms, and, in the case of a servo motor, can be detected from the output of an encoder. Moreover, the displacement orientation and the amount of displacement from a center position of a rotator 6 are detectable from the output of displacement sensors 10 and 11. Then, always, a microcomputer 13 detects the variation rate from the angular position and the center of a rotator 6, determines the size of 6 pole rotating magnetic field, and a phase according to the principle mentioned above from this detection result, and computes the current passed to each coils m-x.

[0023] Drawing 6 is drawing showing the configuration of the 2nd example. In this drawing, the same sign is given to the fraction which corresponds with each part of drawing 1, and an explanation is omitted. 20, 20, and ... are coils, and it differs in the coil 3 which the point that three coils which became independent in each slot 2 were contained mentioned above so that

it may illustrate. Drawing 7 is the notations a-1 of the coil according [in / this drawing / are drawing showing the winding status of each coil 20, and / the slot number and the notations U, W, and V of a sublevel] to a lap winding in the number of an upper case, and the lower berth. The coil by the single volume is shown and coils U, W, and V are usual three-phase-circuit coils. At this time, it is shown that the same notation is the same coil and the negative sign "-" shows the end of a volume.

[0024] Next, an operation of the above-mentioned example is explained. First, when rotating this motor as a synchronous motor, the three-phase-alternating-current current which makes coils U, V, and W generate the rotating magnetic field of four poles is passed.

[0025] On the other hand, the current supplied to coils a-1 is performed by the system configuration shown in drawing 5. Unlike the case where it is the 1st example that a coil 20 is connected to a power amplification 15 instead of a coil 3, in this drawing, the coils a-1 shown in drawing 7 in this case are connected to the power amplification 15.

[0026] In the configuration mentioned above, a microcomputer 13 always detects the displacement orientation and the amount of displacement from a center position of a shaft 7 based on the output of A/D converter 12. Moreover, the angular position of a rotator 6 is detected from the phase of the three-phase-alternating-current current mentioned above. In addition, in the case of a synchronous motor, the position of 4 pole rotating magnetic field and a rotator synchronizes.

[0027] And a microcomputer 13 is computed from the formula which mentioned above the flux density Bf of 6 pole rotating magnetic field and phase contrast phi which surface a rotator 6, detects the current which should be passed to each coils a-1 based on the calculation result and the angular position of a rotator 6 mentioned above, and outputs a current command to D/A converter 14. D/A converter 14 changes the current command into an analog signal, and outputs it to a power amplification 15. A power amplification 15 amplifies the supplied signal and drives each coils a-1.

[0028] In addition, when rotating a motor as a servo motor, an encoder can be attached in a shaft 7, the angular position of a rotator 6 can be detected based on the output of this encoder, and a torque current can be determined from this detection result.

[0029] Drawing 8 is drawing showing the configuration of the 3rd example. In this drawing, the same sign is given to the fraction which corresponds with each part of drawing 6, and an explanation is omitted. It differs in the coil 20 which the point that two coils which became independent in each slot 2 were contained mentioned above so that 30 is a stator and it differs in this inner skin in slots 2 and 2 and the stator 1 which the point that ... was formed in 36 periphery division into equal parts mentioned above, and 31, 31, and ... may be coils and it may illustrate. The numbers of an upper case are the notations U, W, and V of a coil and the lower berth with which the slot number and the notations U, W, and V of a sublevel were contained [in / this drawing / drawing 9 is drawing showing the winding status of each coil 31 and] by Kamiguchi of a slot 2. The coil contained by Shimokuchi of a slot 2 is shown. At this time, it is shown that the same notation is the same coil and the negative sign "-" shows the end of a volume.

[0030] In the configuration mentioned above, the shaft 7 of a rotator 6 is faced, two displacement sensors which detect the variation rate of the shaft 7 of a longitudinal direction (the orientation of X) and the vertical orientation (the orientation of Y) are prepared, and the amount of displacement and the displacement orientation of a rotator 6 of [from a rotation-axis center] are detected. And the size and phase of 6 pole rotating magnetic field are determined that the variation rate of this rotator 6 should be negated. Moreover, in the case of a synchronous motor, the rotation position of a rotator 6 synchronizes with 4 pole rotating magnetic field, and, in the case of a servo motor, it can detect from the output of an encoder. Therefore, the size and phase of a current which should be impressed to the coil of Shimokuchi of the slot 2 of drawing 8 from the variation rate of the rotator 6 mentioned above and the rotation position of a rotator 6 are determined. And this determined current can be generated by the inverter etc. and the magnetic levitation of the rotator 6 can be carried out by being impressed by each coil.

[0031] In addition, although the 1st example of this invention showed the rotating magnetic field of six poles for surfacing the rotating magnetic field and the rotator 6 of four poles for rotating a motor, you may make the rotating magnetic field for the rotating magnetic field for rotating a motor surfacing four poles and the rotator 6 into two poles. Moreover, as long as it fulfills the conditions whose numbers of poles of the rotating magnetic field which generate the surfacing force are $N \times 2$, you may make the number of poles of a rotator 5 into the numbers of poles other than four.

[0032] In addition, what is necessary is to make the rotating magnetic field for surfacing a rotator 6 into two poles, and just to fill with the 2nd example of this invention the conditions whose numbers of poles of the rotating magnetic field which generate the surfacing force are $N \times 2$, although the rotating magnetic field of six poles for surfacing a rotator 6 were shown.

[0033] In addition, although the 3rd example of this invention showed the rotating magnetic field of six poles for surfacing the rotating magnetic field and the rotator 6 of four poles for rotating a motor, you may make the rotating magnetic field for the rotating magnetic field for rotating a motor surfacing four poles and the rotator 6 into two poles. Moreover, the number required in order to carry out this invention of slots turns into the least common multiple with 18 slots required in order to generate 12 slots required in order to generate the three phase 4 pole rotating magnetic field, and the three phase 6 pole rotating magnetic field. Therefore, you may make it 72, 108, ..., etc. and the multiples of 36 in addition to 36 which showed the number of slots in the 3rd example of this invention. Moreover, when the rotating magnetic field for surfacing a rotator 4 are made into two poles, the number required in order to generate the three phase 6 pole rotating magnetic field of slots is set to 6. Therefore, it is good in the number of slots as for the multiples 12, 24, and 36 of the least common multiple of 6 and 12, ..., etc.

[0034]

[Effect of the Invention] The stator by which two or more slots were formed in inner skin according to this invention as

explained above, The rotator which has two or more magnetic poles which are arranged in the aforementioned stator and counter with the inner skin of the aforementioned stator in a periphery side, The 1st coil which generates the magnetic field which is inserted in in the aforementioned slot, and it wires and carries out the rotation drive of the aforementioned rotator by energization, It is inserted in in the aforementioned slot and wires, and since the 2nd coil which generates the magnetic field which makes a fixed position orientate the axial center of the aforementioned rotator by energization is provided, a magnetic-levitation motor can consist of the almost same configuration as the conventional synchronous motor. Therefore, as compared with the motor using the conventional magnetic bearing, the effect which can constitute a magnetic-levitation motor simply and cheaply is acquired.

[Translation done.]